Research & Development Highlights

Technical Series
90-227

Design and Construction of a Monocoque House

Introduction

Unstable soils such as peat, swelling clay or permafrost are a problem in many parts of Canada. Houses built on these soils can suffer extensive and costly damage due to uneven ground movement which causes the foundation to shift.

Canada Mortgage and Housing Corporation has investigated a number of house designs intended for unstable soils which are not suitable for conventional foundations. One of these is the "monocoque" or "unified shell" structure.

Design Concept

The monocoque structure features a one-piece shell similar to the shell of an egg or the unibody of a car. This is composed of plywood sheathing unified with sheet metal plates.

An internal framing system carries loads down to the foundation bearing points.

The result is an extremely rigid structure which can support itself where a traditional foundation would fail. This technology may also be useful in remote locations where adequate foundations are difficult to construct, or in earthquake zones where unusual foundation forces may be encountered.

Construction

The house is designed to be stick built, using conventional spruce lumber and 19 mm (3/4") plywood sheathing. Galvanized sheet steel is used to reinforce connections and a large number of nails are used to transfer the shear stresses.

The monocoque shell is constructed of sheets of 19 mm (3/4") plywood which cover the roof, side walls and main floor. The main floor is hung from the side walls which then transfer loads to the "A" frames. These frames are required to provide torsional and lateral stability, to allow for openings in the front and rear walls, and to transfer all the loads from the monocoque shell down to the foundations. The front wall footings are located close together to minimize torsional stresses. Stresses in the

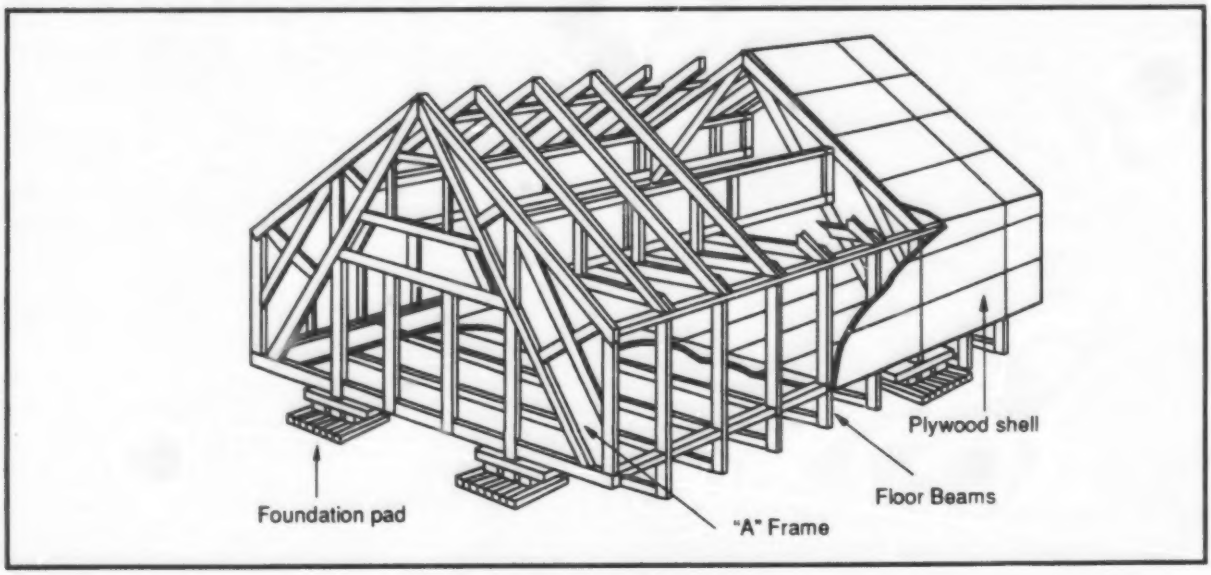

Figure 1: Monocoque structure

NHA 6330

CMHC SCHL
Helping to house Canadians

walls are significant so openings are kept small in size and number. In the future, extra reinforcement may allow for larger openings. As in all engineered wood structures, the design of the connections was difficult; effective nailing of the plywood required much more than the conventional 9.5 mm (3/8") edge distance, so double framing material was required to back up the joints.

The prospect of supporting 45 tonnes (50 tons) of house on four spot foundations without using heavy duty support beams is fairly daunting. The floor is spanned 8.53 m (28') using built-up plywood web "I" sections rather than proprietary floor trusses. The "I" section for these built-up beams suggested the framing and connection system for the house which is basically a 19 mm (3/4") plywood tongue spliced between 5 cm x 15 cm (2" x 6") studs spaced 122 cm (48") apart. This double shear tongue connection detail is carried throughout the construction to connect floors, walls and roof framing members.

The building is 93 m² (1,000 sq. ft.) on the main floor and 46.5 m² (500 sq. ft.) on the second floor attic space. In terms of architecture, the present monocoque design limits the freedom of the designer. The size and shape of the building is limited and the location of openings is critical. The ground floor is virtually clear of partitions. The second floor is also clear, but head room is tight at the side walls. The need for external sheathing to transfer stresses requires that window and door openings be few in number and small in size. The end walls can have reasonably large openings; however they must be strategically placed to avoid structural framing members.

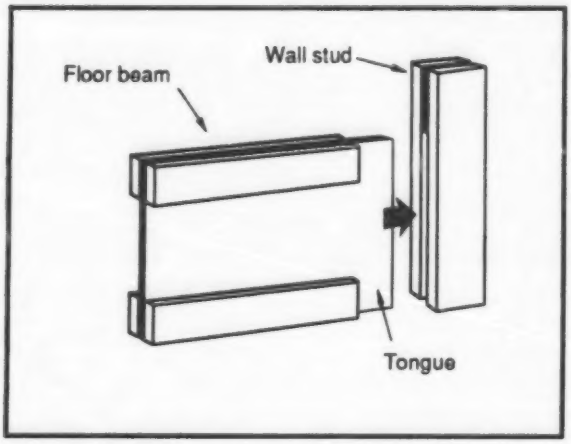

Figure 2: Plywood tongue connections

Research and development of the monocoque design continues. Test houses have been constructed in British Columbia and the Yukon, and their performance is being monitored.

Project Manager: *Rob Duncan*

Research Report: Design and Construction of a Monocoque House

Research Consultant: *Gower Yeung and Associates Ltd.*

A full report on this research project is available from the Canadian Housing Information Centre at the address below.

Housing Research at CMHC

Under Part IX of the National Housing Act, the Government of Canada provides funds to CMHC to conduct research into the social, economic and technical aspects of housing and related fields, and to undertake the publishing and distribution of the results of this research.

This factsheet is one of a series intended to inform you of the nature and scope of CMHC's technical research program.

This **Research and Development Highlights** factsheet is one of a wide variety of housing-related publications produced by CMHC.

For a complete list of Research and Development Highlights, or for more information on CMHC housing research and information, please contact:

The Canadian Housing Information Centre
Canada Mortgage and Housing Corporation
700 Montreal Road
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Telephone: (613) 748-2367
Fax: (613) 748-2098

Cette publication est aussi disponible en français.

The information in this publication represents the latest knowledge available to CMHC at the time of publication, and has been thoroughly reviewed by experts in the housing field. CMHC, however, assumes no liability for any damage, injury, expense or loss that may result from use of this information.

101-04372/

Le point en recherche et développement

Série technique
90-227

La conception et la construction d'une maison monocoque

Introduction

L'instabilité des terrains à tourbe, renflements d'argile, pergélisol a soulevé des problèmes dans plusieurs régions du pays. Les maisons construites sur ces sols peuvent subir des dommages importants et coûteux en raison des mouvements de terrains qui font bouger les fondations.

La Société canadienne d'hypothèques et de logement a étudié plusieurs conceptions d'habitations destinées à pallier les problèmes causés par les terrains ne convenant pas aux fondations traditionnelles. L'une de ces conceptions est la structure «monocoque».

La conception

La structure monocoque est dotée d'une enveloppe constituée d'une seule pièce, un peu comme une coquille d'œuf ou la coque d'une automobile. Elle se compose d'un revêtement de contreplaqué unifié au moyen de plaques de métal. Une structure interne transmet les charges jusqu'aux points d'appui des fondations.

Il en résulte une structure extrêmement rigide, qui résiste là où les fondations traditionnelles cèdent. Cette technologie pourrait être utile dans les régions éloignées où il est difficile de bâtir des fondations traditionnelles et dans les zones sismiques, où des forces inhabituelles peuvent agir sur les fondations.

La construction

La maison est conçue en ossature de bois et fait appel à des éléments de construction ordinaires en épinette et à du contreplaqué de 19 mm (3/4 po) comme revêtement intermédiaire. Des feuilles d'acier galvanisé viennent renforcer les raccordements et un grand nombre de clous servent à transférer les efforts de cisaillement.

L'enveloppe monocoque fait appel à des feuilles de contreplaqué de 19 mm (3/4 po) d'épaisseur pour le toit, les murs extérieurs et le plancher du rez-de-chaussée. Ce dernier est soutenu par les murs extérieurs qui transmettent les charges aux ouvrages triangulaires, lesquels préviennent les torsions et les mouvements latéraux, permettent l'aménagement d'ouvertures dans les murs avant et arrière et communiquent les charges de l'enveloppe aux fondations. Les semelles du mur avant sont situées près les unes des autres de façon à minimiser les contraintes de torsion. L'importance des contraintes

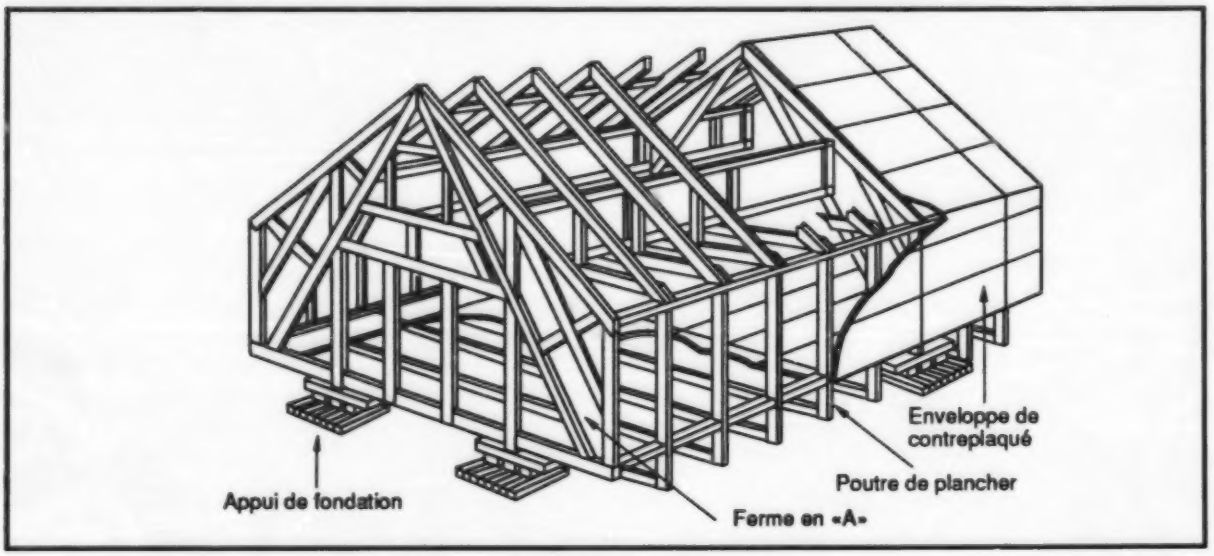

Figure 1 : La structure monocoque

SCHL CMHC
Question habitation, comptez sur nous

LNH 6331

que subissent les murs force à réduire la taille et le nombre des ouvertures; cependant, il sera peut-être possible, dans l'avenir, de consolider les murs de façon à pouvoir agrandir ces ouvertures.

Comme dans toute construction de bois, la conception des raccordements a été ardue : la distance de rive des clous devant être de loin supérieure à la marge traditionnelle de 9,5 mm (3/8 po) pour être efficace, il a fallu utiliser des éléments d'ossature doubles pour renforcer les joints.

L'idée de faire reposer une maison de 45 tonnes (50 tonnes) sur quatre points d'appui, sans avoir recours à de puissantes poutres, peut paraître assez intimidante. Le plancher, d'une portée de 8,53 m (28 pi), est soutenu par des poutres en I à âme de contreplaqué plutôt que par des solives préfabriquées. Le profilé de ces poutres composées a suggéré le genre d'ossature et de raccordement à utiliser pour la maison, qui se présente en gros comme des languettes de contreplaqué de 19 mm (3/4 po) intercalées entre deux poteaux de 5 cm x 15 cm (2 x 6 po) disposés à 122 cm (48 po) d'entraxe. Ainsi s'effectuent les raccordements de l'ossature des planchers, des murs et du toit.

Le bâtiment présente une surface de plancher de 93 m² (1 000 pi²) au rez-de-chaussée et de 46,5 m² (500 pi²) à l'attique. Dans sa forme actuelle, la structure monocoque limite la liberté du concepteur sur le plan architectural. La taille et la forme du bâtiment ne peuvent pas varier beaucoup et l'emplacement des ouvertures acquiert une importance cruciale. Si le rez-de-chaussée et l'étage ne présentent à peu près pas de cloisons intérieures, le plafond est plutôt bas près des murs latéraux. Le revêtement intermédiaire doit transmettre les charges, ce qui a pour effet de réduire la taille et le nombre des ouvertures. Même si l'on peut pratiquer des ouvertures relativement grandes dans les murs d'extrémité, on doit les situer stratégiquement de manière à éviter l'utilisation d'éléments structuraux.

La recherche et le développement relatifs à la maison monocoque se poursuivent. Des maisons-pilotes ont été construites en Colombie-Britannique et au Yukon, et leur comportement est actuellement sous surveillance.

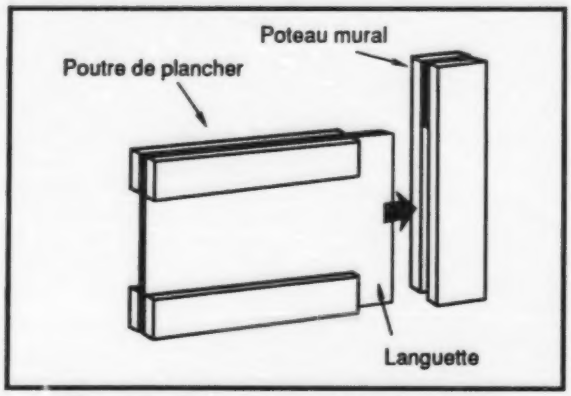

Figure 2 : Raccordements de languette du contreplaqué

Directeur de projet : Rob Duncan

Rapport de recherche : *« Design and Construction of a Monocoque House »*

Consultant de recherche : Gower Yeung & Associates Ltd.

Il est possible de se procurer un rapport complet de ce projet de recherche au Centre canadien de documentation sur l'habitation, à l'adresse ci-dessous.

Recherche sur le logement à la SCHL

En vertu de la partie IX de la Loi nationale sur l'habitation, le gouvernement du Canada autorise la SCHL à consacrer des fonds à la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et à publier et à diffuser les résultats.

Ce feuillet documentaire fait partie d'une série visant à informer le public de la nature et de la portée du programme de recherche technique de la SCHL.

Ce feuillet documentaire de la série **Le point en recherche et développement** n'est qu'une des nombreuses publications portant sur l'habitation produites par la SCHL.

Pour recevoir la liste complète des feuillets documentaires ou pour obtenir d'autres renseignements sur les recherches et l'information qu'offre la SCHL en matière d'habitation, veuillez communiquer avec le :

Centre canadien de documentation sur l'habitation
Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : (613) 748-2367
Télécopieur : (613) 748-2098

This publication is also available in English

Cette publication contient les renseignements les plus à jour dont dispose la SCHL, lesquels ont été examinés par des experts du secteur de l'habitation. Toutefois, la SCHL n'assume aucune responsabilité pour les dommages, les blessures, les coûts et les pertes pouvant découler de l'utilisation de ces renseignements.